



(19) Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 334 112  
A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 89104142.8

(51) Int. Cl. 4: H02P 7/62

(22) Anmeldetag: 08.03.89

(30) Priorität 21.03.88 DE 3809446

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.09.89 Patentblatt 89/39

(64) Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL SE

(71) Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft  
Wittelsbacherplatz 2  
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: Nerowski, Georg, Dr.  
Hans-Sachs-Strasse 26  
D-8560 Lauf(DE)  
Erfinder: Piepenbreier, Bernhard, Dr.  
Am Wäldla 2  
D-8551 Herhofen(DE)  
Erfinder: Tölle, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.  
Am Europakanal 36  
D-8520 Erlangen(DE)

(54) Pulsumrichtergespeiste Drehfeldmaschine.

(57) Stromregelung über jede Halbwelle je nach dem verlangten Moment zwischen rechteckförmigen und sinusförmigen Verlauf sowie unabhängig davon eine Verminderung der aktiven Wicklungsstrangzahl in Abhängigkeit von der Maschinendrehzahl.

EP 0 334 112 A1

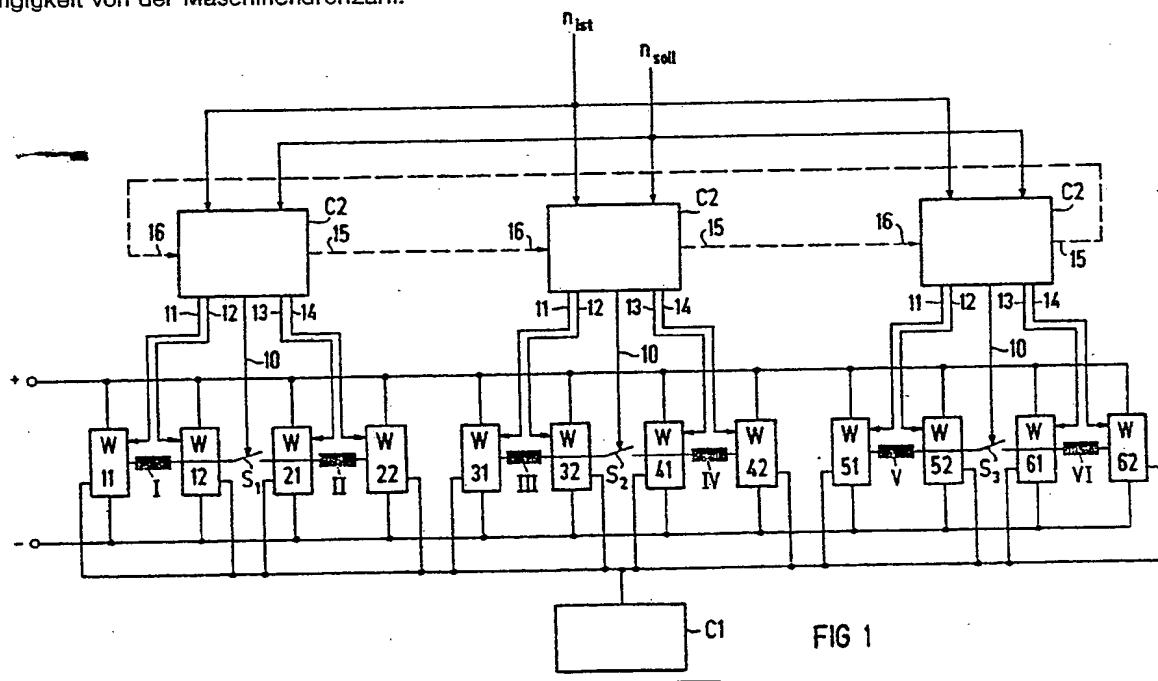


FIG 1

### Pulsumrichtergespeiste Drehfeldmaschine

Die Erfindung betrifft eine pulsumrichtergespeiste Drehfeldmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Sonderausführungen solcher Drehfeldmaschinen sind permanenterregte Synchronmaschinen. Bei pulsumrichtergesteuerten Maschinen ist z.B. gemäß DE-PS 33 45 271 sowie "Jahrbuch der Schiffbauenden Gesellschaft 81 (1987), zur Verbesserung des Wirkungsgrades bei kleiner werdender Drehzahl eine Unterteilung der Stränge in Teilstränge und eine zunehmende Reihenschaltung der einzelnen Teilstränge bis hin zur Reihenschaltung aller Teilstränge eines jeden Stranges bekannt, wobei die Zahl der aktiven verlustbehafteten Umrichter auf einen einzigen verringbar ist. Bei höheren Drehzahlen (Nenndrehzahl) und höheren Drehmomenten (Nennmoment) sind dagegen alle Teilstränge parallel geschaltet. Die maßgebliche Wicklungsstrangzahl  $m$  und die Lochzahl  $q$  bleibt dabei aber unverändert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Drehfeldmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine optimale Ausnutzung bei jeweils bestmöglichem Wirkungsgrad aufweist und mit minimierten Betriebsgeräusch sowie kleinen Pendelmomenten betrieben werden kann.

Die Lösung der gestellten Aufgabe für eine hochsträngige Drehfeldmaschine mit ganzzahlig teilbaren Wicklungsstrangzahlen und Ganz- oder Bruchlochwicklungen, deren Einzelphasen durch gesonderte Umrichter oder als System mit mindestens einem Sternpunkt gespeist werden, gelingt durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

Bei Nenndrehzahl  $n_N$  wird eine entsprechend hohe rotatorische Spannung induziert, wobei alle  $m$  Wicklungsstränge über ihre Umrichter parallel auf das speisende Gleichstromnetz geschaltet sind.

Mit kleiner werdenden Drehzahlen  $n < n_N$  sinkt die induzierte Spannung etwa im Verhältnis  $n/n_N$  und es werden zunehmend Wicklungsstränge von Parallelbetrieb auf Reihenbetrieb umgeschaltet.

Durch diese Umschaltung auf Reihenbetrieb von mehr und mehr Wicklungssträngen nimmt die Wicklungstrangzahl schließlich auf  $m^*$  ab und entsprechend steigt die aktive Lochzahl auf  $q^*$  gemäß der Beziehung  $m \cdot q = m^* \cdot q^*$ , so daß sich durch Verminderung der in Betrieb bleibenden Umrichter bei der Umschaltung auf Reihenbetrieb in bekannter Weise geringere Verluste auftreten und damit ein besserer Wirkungsgrad erreicht wird.

Zur zusätzlichen Minderung der Verluste sind zum Schalten der Umrichter verlustarme bistabile Schaltelemente vorteilhaft, deren Ansteuerung zeitlich verschoben erfolgen kann.

Die von der Drehzahlbeeinflussung unabhängige Beeinflussung des Drehmomentes erfolgt durch entsprechende Regelung des Stromverlaufs in jeder Halbwelle, wobei der Maximalwert des Stromes an die zulässige Belastbarkeit der Umrichterbauelemente angepaßt ist.

Bei Nennmoment  $M_N$  und bei geringfügig kleineren Momenten  $M \approx M_N$  wird zur besseren Ausnutzung der Maschine samt Umrichter der Stromverlauf während jeder Halbwelle auf eine beliebige Form mit möglichst gleichbleibender Amplitude (z.B. auf eine Rechteck- oder Trapezform) geregelt, bei dem der niedrige gewählte Maximalstrom entsprechend lang fließt und somit kleiner als bei sinusförmigem Stromverlauf für das Nennmoment bemessen werden kann, so daß geringer belastbare Leistungsbauelemente für die Umrichter verwendet werden können. Mit höherer Strangzahl  $m$  ergeben sich bei rechteck- oder trapezförmigem Stromverlauf geringere Pendelmomente und geringere geräuschanregende Radialkräfte.

Mit kleineren Drehmomenten  $M < M_N$  kann der Stromverlauf bei verminderter Maximalstrom sinusförmig sein, was die Geräuschanregung und die Pendelmomente weitgehend eliminiert.

Die Umschaltung von einem zum anderen Stromverlauf und zur Änderung des maximalen Stromwertes in jeder Halbwelle kann durch Beeinflussung des Stromsollwertes stetig oder stufenweise mit minimal einer einzigen Stufe vorgenommen werden.

In der Zeichnung ist eine permanenterregte Synchronmaschine mit  $m = 6$  nicht unterteilten Wicklungssträngen und  $q = 1$  und gesonderter Strangspeisung über Pulsumrichter in Brückenschaltung aus einem Gleichstromnetz vereinfacht dargestellt. Es zeigen:

FIG 1 die schematische Verbindung einer Maschinenwicklung mit ohne Sternpunkt in Einzelphasenspeisung den Pulsumrichtern und dem Gleichstromnetz;

FIG 2 und 3 die Lage die magnetischen Achsen bei  $m = 6$  und  $m^* = 3$ .

An das Gleichstromnetz NE sind über jeweils zwei Halbbrücken  $W_{11}, W_{12}; W_{21}, W_{22}; W_{31}, W_{32}; W_{41}, W_{42}; W_{51}, W_{52}$  und  $W_{61}, W_{62}$  der sechs Pulsumrichter die einzelnen Wicklungsstränge I, II, III, IV, V und VI angeschlossen.

Jeweils zwei Halbbrücken zweier Wicklungsstränge können durch bistabile Schaltelemente S1, S2 bzw. S3 miteinander verbunden werden, so daß sich bei entsprechender Steuerung der einzelnen Brückenteile eine Reihenschaltung jeweils

zweier Wicklungsstränge I und II, III und IV bzw. V und VI ergibt.

Bei Schließen aller drei Schaltelemente wird eine halbierte wirksame Strangzahl  $m^* = 3$  statt der ursprünglichen Strangzahl  $m = 6$  bei stromsperrenden Schaltelementen S1 bis S3 erreicht.

Die Lage der magnetischen Achsen bei  $m = 6$  gemäß FIG 2 weist einen Achsenwinkel

$$\alpha = \frac{\pi}{m} \text{ auf.}$$

Wenn z.B. eine Strangschaltung bei unveränderter Netzspannung und einer Drehzahl  $n \approx \frac{1}{2} n_N$  durch Stromführung aller Schaltelemente S1,S2,S3 und Sperren der Halbbrücken W12,W21,W32,W41, W52 und W61 die Bildung neuer wirksamer Wicklungsstränge mit der Strangzahl  $m^* = 3$ , erfolgt, ergeben sich gemäß FIG 3 die vergrößerten Achsenwinkel

$$\alpha^* = \frac{\pi}{m^*}$$

Die Ströme in den drei wirksamen neuen Strängen verschieben sich um den Winkel  $\phi$  gegen die vorherige mangetische Achse der ursprünglichen Stränge, wobei die Beziehung gilt

$$\phi = (q^* - 1) \frac{\pi}{2m^* q}$$

Die Einstellung der Wellenform des Stromes wird durch einen Stromregler C1 gesteuert. Durch entsprechendes Ansteuern der Halbbrücken W11 bis W62 kann die Wellenform des Stromes rechteck-, trapez- oder sinusförmig eingestellt werden.

In FIG 4 ist ein Schaltbild eines Kupplungssteuergerätes C2 dargestellt. Dieses Steuergerät C2 enthält einen Komparator K, dessen einem Eingang der Drehzahl-Istwert  $n_{ist}$  der Maschine und dessen anderem Eingang ein Drehzahl-Sollwert  $n_{soll}$  zugeführt ist. Durch den Drehzahl-Sollwert  $n_{soll}$  wird eine Solldrehzahl vorgegeben, bei der eine Umschaltung der Schaltelemente S1,S2, S3 erfolgen soll.

Dem Komparator K sind ein erstes und zweites Zeitglied T1 und T2 nachgeschaltet. Gegebenenfalls kann auch noch ein drittes Zeitglied T3 vorgesehen sein, wie dies gestrichelt angedeutet ist. Außerdem ist eine ODER-Stufe 18 vorgesehen, deren einem Eingang das Komparator-Signal Z und deren anderem Eingang das Ausgangssignal des zweiten Zeitgliedes T2 zugeführt ist.

Das Kupplungssteuergerät C2 arbeitet wie folgt: Bei jedem Über-oder Unterschreiten des Drehzahlsollwertes  $n_{soll}$  durch den Drehzahl-Istwert  $n_{ist}$  erfolgt ein Wechsel des Komparator-Signales Z. Wechselt das Komparator-Signal Z beispielsweise von "low" auf "high", dann wird dadurch das erste Zeitglied T1 angesteuert, welches nach seiner ein-

gestellten Verzögerungszeit ein Steuersignal abgibt, durch das das betreffende Schaltelement S1 bzw.S2 bzw.S3 in seinen leitenden Zustand geschaltet wird. Das zweite Zeitglied T2 sperrt beim Zustand "high" des Signales Z entsprechend seiner eingestellten Verzögerungszeit die Steuerimpulse für die an seine Ausgänge 11 und 14 angeschlossenen Halbbrücken W11 und W22 bzw. W31 und W42 bzw. W51 und W62. Die Verzögerungszeit des zweiten Zeitgliedes T2 ist größer als die Summe der Berzögerungszeit des ersten Zeitgliedes T1 und der Schaltzeit des betreffenden Schaltelementes S1 bzw. S2 bzw.S3 gewählt. Damit ist sichergestellt, daß die Schaltelemente S1,S2,S3 stromlos schalten. Nach Ablauf der am zweiten Zeitglied T2 eingestellten Verzögerungszeit wird die Sperré der Steuerimpulse aufgehoben und die mit den Ausgängen 11 und 14 verbundenen Halbbrücken werden wieder durchgesteuert.

Durch die ODER-Stufe 18 werden für die Zeit, in der das Signal Z des Komparators K den Zustand "high" aufweist bzw. am Ausgang des zweiten Zeitgliedes T2 ein Sperrsignal ansteht, die an die Ausgänge 12 und 13 der ODER-Stufe 18 angeschlossenen Halbbrücken W12 und W21 bzw.W32 und W41 bzw.W52 und W61 gesperrt. Damit erfolgt beim Zustand "high" des Signales Z des Komparators K eine Reihenschaltung der Wicklungsstränge I und II bzw.III und IV bzw.V und VI.

Wechselt das Signal Z in den Zustand "low", dann wird über das erste Zeitglied T1 das betreffende Schaltelement S1 bzw.S2 bzw. S3 wieder verzögert in seinen nichtleitenden Zustand geschaltet, wobei durch das zweite Zeitglied T2 und die ODER-Stufe 18 die Halbbrücken W11 bis W61 während des Schaltens der Schaltelemente S1,S2,S3 gesperrt bzw. im gesperrten Zustand gehalten werden, so daß die Schaltelemente S1,S2,S3 wiederum stromlos schalten. Danach werden sowohl durch das zweite Zeitglied T2 als auch durch die ODER-Stufe 18 die Sperrimpulse für die an deren Ausgänge 11 und 14 bzw.12 und 13 angeschlossenen Halbbrücken W11 bis W62 aufgehoben, so daß alle Halbbrücken wieder durchgesteuert werden. Damit sind alle Wicklungsstränge I bis VI parallel geschaltet.

Zur Vermeidung von momentenfreien Zwischenzeiten können die einzelnen Kupplungssteuergeräte C2 auch in Abhängigkeit voneinander gesteuert werden, so daß die Schaltelemente S1,S2,S3 und die Halbbrücken W11 bis W62 auch entsprechend zeitlich nacheinander angesteuert werden. Eine solche abhängige Steuerung der Kupplungsgeräte C2 ist über das dritte Zeitglied T3 möglich. Das an dessen Ausgang 15 erscheinende Signal wird dem Eingang 16 des nächstfolgenden Kupplungssteuergerätes C2 zugeführt. Durch dieses Signal wird eine Stufe 17 angesteuert, die

damit das von dem Komparator K kommende Signal Z erst beim Erscheinen eines Signals am Ausgang 15 des dritten Zeitgliedes T3 des vorhergehenden Kupplungssteuergerätes C2 freigibt. Damit ist ein zeitliches Nacheinanderschalten der Schaltelemente S1, S2, S3 erreicht.

5

### Ansprüche

10

1. Pulsumrichtergespeiste Drehfeldmaschine mit einer ständerseligen, teilbaren Wicklungsstrangzahl  $m = 4, 6, 8, 9 \dots$  (außer Primzahlen), einer beliebigen Lochzahl  $q$  und beliebigem Feldverlauf im Luftspalt,

15

dadurch gekennzeichnet,

daß der Strom in jeder Halbwelle auf einen für die zulässige Belastung des Umrichters angepaßten Maximalwert begrenzt und der zeitliche Stromverlauf entsprechend dem jeweiligen Drehmoment der Maschine zwischen Rechteck- und Sinusform geregelt und/oder mindestens eine Teilanzahl der  $m$  Wicklungsstränge im Hinblick auf die jeweils geforderte Drehzahl der Maschine in Reihe geschaltet sind, so daß das Produkt  $m \cdot q = m^* \cdot q^*$  konstant bleibt, wobei  $q^*$  die sich bei geteilter wirksamer Strangzahl  $m^*$  ergebende vervielfachte Lochzahl bedeutet.

20

2. Drehfeldmaschine nach Anspruch 1,

25

dadurch gekennzeichnet,

30

daß zum Schalten der Umrichter verlustarme bistabile Schaltelemente vorgesehen sind.

35

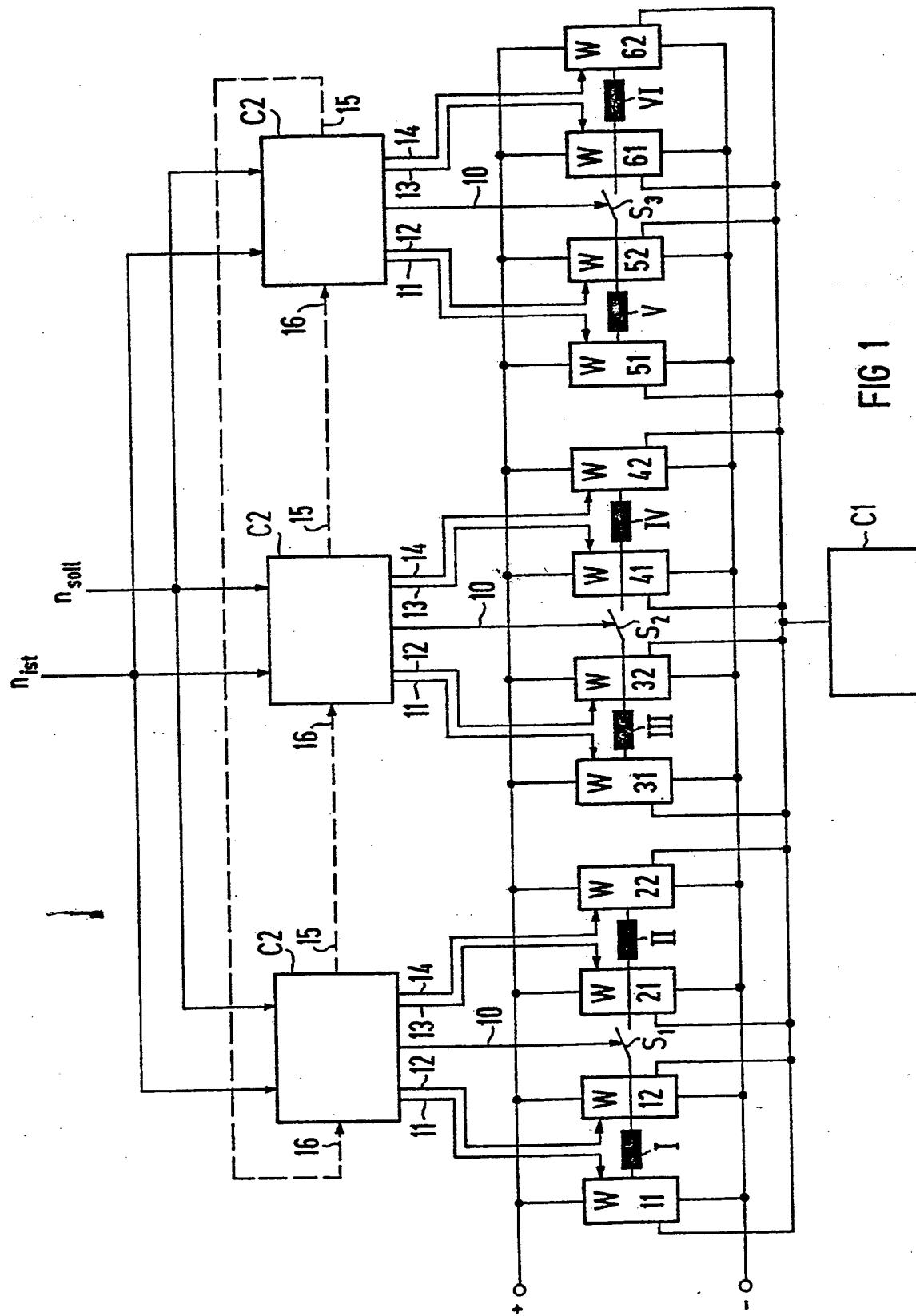
40

45

50

55

, 3115 E



BEST AVAILABLE COPY

3115 E

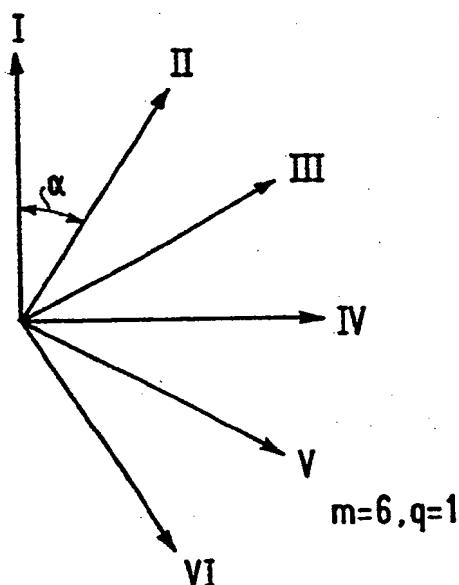


FIG 2

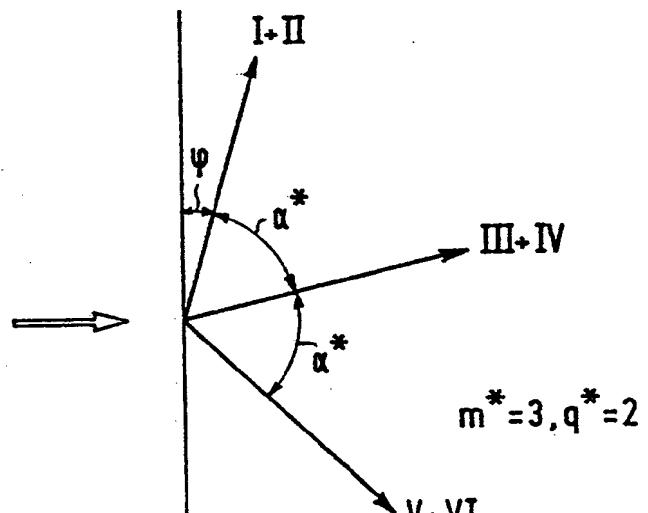


FIG 3

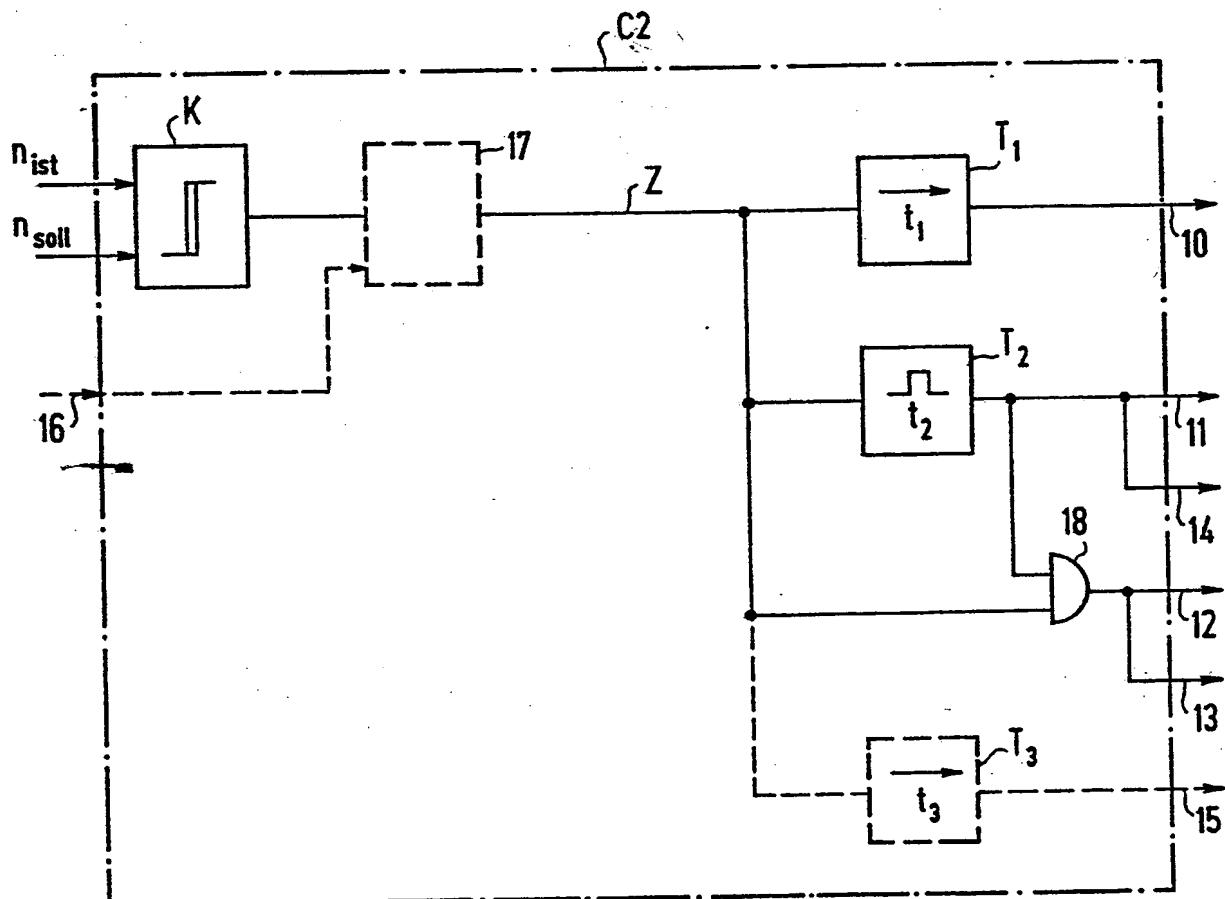


FIG 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 10 4142

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
D, A	DE-A-3 345 271 (SIEMENS AG) * Insgesamt * ---	1	H 02 P 7/62
A	EP-A-0 193 067 (SIEMENS AG) ---		
A	DE-A-3 616 221 (ARNOLD MÜLLER GmbH & CO. KG) ---		
A	DE-A-3 525 421 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GmbH) -----		
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.4)			
H 02 P			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	02-06-1989	BEYER F.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

**— THIS PAGE BLANK (USPTO)**